

学校编码: 10384

分类号\_\_密级\_\_

学号: 23320081153273

UDC\_\_\_\_\_

廈門大學

硕 士 学 位 论 文

水声信道模拟系统

The Simulation System of Underwater Communication

Channel

陈胜

指导教师姓名: 程 恩 教 授

专 业 名 称: 通信与信息系统

论文提交日期: 2011 年 5 月

论文答辩时间: 2011 年 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2011 年 5 月

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘要

现代通信系统和网络已经从陆地和空中延伸到了海洋。水声通信是近年来发展迅速、研究相当活跃的通信技术领域之一，是当代海洋研究、海洋资源勘探和开发，海洋环境立体监测和地震海啸监测系统中的重要组成部分，它的研究为解决水下信息的可靠传输提供了重要的技术保障。

水声信道是所有通信信道中最为复杂的信道之一，其衰落、多径效应、时变等特点使得许多经典的通信技术无法直接应用于水声信道。而要开发适合于水声信道的通信技术，就必须对水声信道特性有充分的研究。

本论文首先介绍了信道建模和信道估计方面的相关理论，然后介绍应用 **Visual Studio**，**Measurement Studio**，采集卡，信号发生器，示波器等实验工具实现了信道模拟系统的平台搭建。在发送端部分实现了内部信号源和外接信号切换使用，信道部分实现了波形时域劣化模拟，文件传输劣化模拟、信道估计这三大模块。接收端部分实现了内部显示波形和波形相关检测这两大功能。整套系统运行流畅，并且具有很好的可扩展性，为合理利用海测数据、提高信道模型精度提供了重要的平台。

应用本套系统，我们做了多组实验，均取得较为理想的效果。包括采用内部信号源、经过多径信道，系统内显示；外接信号源、经过多径信道，系统内显示；采用内部信号源、经过多径信道，外接示波器显示；外接信号源、经过多径信道，外接示波器显示；一副图像分别在误码率  $10^{-1}$ ， $10^{-2}$ ， $10^{-3}$  情况下，经过高斯、瑞利、莱斯等随机信道的文件传输劣化模拟；波形相关检测；实现 LS 信道估计；实现 MF 信道估计等。

本文的特点在于：目前的水声信道研究工作多数停留在仿真阶段，而本系统实现了从单机理论仿真向仪表化模拟器的过渡。该系统实现了信道模拟的多项功能，它的目的不是纯粹的模拟，而是构建一个架构，它可以与今后的海测信号记录仪有效对接，为合理利用海测数据提供平台。海测的数据一方面可以直接存储并由模拟器重现，另一方面可以实现数据提炼，修正模拟器，具有重要的现实意义。

**关键词：**水声信道；系统平台；劣化模拟；信道估计

厦门大学博硕士论文摘要库



## Abstract

Modern communication systems and networks have been extended from land and air to the sea for research and development of the oceanography. Underwater acoustic communication is one of communications technology that develops rapidly in recent year. It is an important part of contemporary marine research, exploration and exploitation of marine resources, marine environment monitoring and three-dimensional earthquake and tsunami monitoring system. The study on it provides an important technical support to reliable underwater transmission of information.

Underwater acoustic channel is one of the most complicate communication channel. The fading, multipath effects, makes a lot of time-varying characteristics such as the classic communication technologies can not be directly applied to underwater acoustic channel. And to develop appropriate underwater acoustic communication channel,adequate research on channel characteristics is needed.

This paper first describes the channel modeling and channel estimation aspects of the theory, then describe tools such as Visual Studio,Measurement Studio,Daq,Signal Generator,Oscilloscope. Partially achieved at the transmitter signal source and the internal use of an external signal switching, the channel part of the realization of the deterioration of time-domain waveform simulation, file transfer deterioration simulation, channel is estimated that the three modules. Receiver part of the realization of the internal display detection of waveforms and wave-related these two functions. The whole system run smoothly, and with good scalability, as the rational use of oceanographic data and increase accuracy of channel model provides an important platform.

Application of this set of systems, we have done several experiments were made. more satisfactory results. Including the use of an internal signal source, through the multipath channel, the system display; external signal source, through the multipath channel, the system displays; the internal signal source, through the multipath channel, external oscilloscope display; external signal source, through the multipath channel ,

External oscilloscope display; an image at the bit error rate  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  circumstances, and after Gaussian, Rayleigh, Rice and other file transfer of channel degradation simulation; waveform correlation detection; to achieve LS channel estimation; to achieve channel estimation MF.

This is characterized by: the current research work underwater acoustic channel most remain in the simulation stage, and the system realizes the simulation from the single plate theory the transition to the instrumented simulator. The system implements a number of channel analog functions, and its purpose is not pure simulation, but to build a framework that can be measured with future sea-effective connection signal recorder for the rational use of the sea provide a platform for measured data. The one hand, the sea can be directly measured data stored by the simulator to reproduce the other hand, data mining can be amended simulator. To achieve in the field of underwater acoustic channel breakthroughs.

**Keywords:** underwater acoustic channel; system platform; degradation simulation; channel estimate

# 目录

<b>第一章 绪论</b>	<b>1</b>
1.1 选题背景及研究意义	1
1.2 水声通信的发展历史和现状	2
1.3 论文主要内容和安排	6
<b>第二章 水声信道的特点及其对声传输的影响</b>	<b>7</b>
2.1 水声信道的主要特点	7
2.1.1 水声信道的复杂性	7
2.1.2 水声信道的多变性	10
2.1.3 水声信道的多径效应	10
2.1.4 水声信道的有限频带	11
2.2 水声信道对数据传输的影响	12
2.2.1 多途传播的影响	13
2.2.2 声波传输损耗的影响	16
2.2.3 环境噪声的影响	17
2.2.4 多普勒频移的影响	17
<b>第三章 水声信道建模与估计方法</b>	<b>21</b>
3.1 水声信道建模的基础理论	21
3.1.1 理想流体介质波动方程	21
3.1.2 波动方程的数值解	22
3.2 水声信道估计理论	27
3.2.1 信道估计概述	27
3.2.2 信道估计算法	29
<b>第四章 浅海水声信道模型设计与平台搭建</b>	<b>35</b>
4.1 水声信道系统架构	35
4.1.1 水声信道模拟器	35

4.1.2 海测信号记录仪.....	36
4.1.3 系统架构.....	36
4.2 浅海水声信道设计.....	37
4.2.1 海洋中的声速和声速结构.....	38
4.2.2 声传播损失.....	40
4.2.3 基于传统射线理论的 N 径确定性模型.....	43
4.2.4 随机统计模型.....	46
4.3 开发工具简介.....	52
4.3.1 Microsoft Visual Studio 2005 .....	52
4.3.2 NI Measurement Studio 8.6 .....	53
4.3.3 NI USB-6259 采集卡 .....	55
4.3.4 Sql Server 2005.....	55
<b>第五章 水声信道模拟系统的实现.....</b>	<b>57</b>
5.1 发送端设计.....	57
5.1.1 内部信号源.....	57
5.1.2 采集外部信号.....	60
5.2 信道设计.....	62
5.2.1 确定性多径信道.....	64
5.2.2 随机信道.....	64
5.2.3 信道估计.....	67
5.3 接收端设计.....	70
5.3.1 接收端显示部分.....	70
5.3.2 波形相似系数计算.....	71
5.4 整体运行及结果分析.....	72
5.4.1 使用内部 LFM 信号，内部控件显示 .....	73
5.4.2 使用内部 LFM 信号，外接示波器显示 .....	75
5.4.3 使用外接正弦信号，内部控件显示.....	76
5.4.4 使用外接正弦信号，外接示波器显示.....	78
<b>第六章 总结与展望.....</b>	<b>81</b>

6.1 本论文工作总结.....	81
6.2 展望.....	82
<b>参考文献.....</b>	<b>83</b>
<b>致 谢.....</b>	<b>87</b>

厦门大学博士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

# CONTENTS

<b>Chapter 1 Preface .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introduction of research backgroud and significance .....	1
1.2 Underwater Acoustic Communication Overview.....	2
1.3 Structure of the Thesis .....	6
<b>Chapter 2 Physical characteristic of underwater acoustic channel.....</b>	<b>7</b>
2.1The main character of underwater acoustic channel .....	7
2.1.1 Complexity of underwater acoustic channel.....	7
2.1.2 Variety of underwater acoustic channel .....	10
2.1.3 Multi-path character of the underwater acoustic channel .....	10
2.1.4 Limited frequency band of underwater acoustic channel .....	11
2.2 The effect of data transmission .....	12
2.2.1 The effect of multi-path transmission .....	13
2.2.2 The effect of loss of sound .....	16
2.2.3 The effect of noise in marine enviroment .....	17
2.2.4 The effect of Doppler frequency shift.....	17
<b>Chapter 3 Underwater acoustic channel modeling and estimation ...</b>	<b>21</b>
3.1 Basic therory of channel modeling .....	21
3.1.1 Ideal fluid medium wave equation.....	21
3.1.2 Numeric solution of wave equation .....	22
3.2 Basic therory of channel estimation .....	27
3.2.1 Overview of channel estimation .....	27
3.2.2 Algorithm of channel estimation.....	29
<b>Chapter 4 Shallow water channle model design and platfom.....</b>	<b>35</b>
4.1 System architecture of underwater acoustic channel .....	35
4.1.1 Underwater acoustic channel simulator .....	35
4.1.2 Survey signal recorder .....	36

4.1.3 System architecture .....	36
<b>4.2 Design of shallow water acoustic channel .....</b>	<b>37</b>
4.2.1 Ocean sound speed architecture .....	38
4.2.2 Sound transmission loss .....	40
4.2.3 N-path model based on ray theory .....	43
4.2.4 Random statistical model .....	46
<b>4.3 Development tools overview .....</b>	<b>52</b>
4.3.1 Microsoft Visual Studio 2005 .....	52
4.3.2 NI Measurement Studio 8.6 .....	53
4.3.3 NI USB-6259 .....	55
4.3.4 Sql Server 2005 .....	55
<b>Chapter 5 Underwater acoustic channel simulation system.....</b>	<b>57</b>
<b>5.1 Transmitter design .....</b>	<b>57</b>
5.1.1 Internal sources .....	57
5.1.2 External signal acquisition .....	60
<b>5.2 Channel design .....</b>	<b>62</b>
5.2.1 Multipath channel .....	64
5.2.2 Statistical channel .....	64
5.2.3 Channel estimation.....	67
<b>5.3 Receiver design .....</b>	<b>70</b>
5.3.1 Receiver display .....	70
5.3.2 Similarity coefficient.....	71
<b>5.4 Overall operation and result .....</b>	<b>72</b>
5.4.1 Using internal LFM signal and internal display .....	73
5.4.2 Using internal LFM signal and oscilloscope display .....	75
5.4.3 Using external sine signal and internal display.....	76
5.4.4 Using external sine signal and oscilloscope display .....	78
<b>Chapter 6 Summary and Outlook .....</b>	<b>81</b>
<b>6.1 Summarize of this paper .....</b>	<b>81</b>



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库